

單獨으로 作用하는 推進器 날개 相互間의 干涉效果(Ⅲ)

(날개 面積의 影響)

宋 江 燮

On the Mutual Interference of Propeller Blades in Free Running Water(Ⅲ)

—The Effects of Blade Areas—

Song, Kang-Sop

〈目 次〉

- | | |
|--------------------|---------|
| I. 序 論 | IV. 結 論 |
| II. 날개 相互間의 干涉效果 | 參考文獻 |
| III. 推進器 單獨性能에의 應用 | 附 錄 |

Abstract

In designing the screw propellers, the area of blades is almost not determined from the view point of efficiency only, but usually from that of the performance of the cavitation and the strength of blades. But although the screw propellers with same diameter have the same number of blades, the larger the area of blades becomes, the narrower the distance between adjacent blades becomes. So the mutual interference of propeller blades and some effects to the performances of screw propellers occur.

This paper treats the effects to performances of screw propellers according to the changes of blade area.

I. 序 論

筆者는 翼列에 있어서의 날개 相互間의 流體力學的인 干涉效果를 量的으로 求하고, 이 干涉效果를 利用하여 單獨翼의 試驗資料를 가지고서 그 翼型斷面을 採用한 推進器의 單獨試驗性能을 判斷할

수 있는 方法을 提示한 바 있고,¹⁾ 또한 날개數가 推進器의 性能에 미치는 影響을 考察한 바있다.²⁾

推進器를 設計함에 있어서 날개面積은 效率단의 見地에서 決定되는 일은 거의 없으며, 날개의 強度와 케비테이션에 대한 性能의 見地에서 決定되는 것이 常例이다. 그러나 같은 날개數의 推進器라 할지라도, 直徑이 一定할 경우, 날개面積이 커지면 隣接 날개와의 間隔이 좁아져 날개 相互間의 干涉效果를 받게 되어 推進器의 性能에 어떤 影響을 미칠 것이다.

本稿에서는 이 날개面積의 變化가 推進器의 性能에 미치는 影響에 대해서 考察하고자 한다.

II. 날개 相互間의 干涉效果^{1,2)}

z 面上的의 半徑 a 의 圓을 寫像函數를 通해서 ζ 面上的의 平板翼列에 寫像하였을 때의 平板翼의 길이 l 은 다음의 式으로 얻어졌었다.

$$\frac{l}{D} = \frac{2X}{N} \left(\cos\beta \log \frac{\sqrt{1+2m^2 \cos 2\beta + m^4} + 2m \cos\beta}{1-m^2} + \sin\beta \tan^{-1} \frac{2m \sin\beta}{\sqrt{1+2m^2 \cos 2\beta + m^4}} \right) \quad (1)$$

여기에서 l =날개 斷面의 弦 길이

D =推進器의 直徑

X =無次元化한 半徑 (r/R)

N =날개數

β =stagger angle

이며, m 은 z 面에서 半徑 a 의 圓을 境界로 하기 위해서 圓의 内外에 둘 特異點의 位置를 定해 주는 係數이다.

上式에서 l/D 는 推進器의 形狀이 決定되면 알 수 있으며, stagger angle β 는 [피치角이 주어지면 定해지므로 m 의 값은 求할 수 있다.

날개 相互間의 干涉效果는 翼列에 作用하는 推力과 토크, 그리고 單獨翼에 作用하는 推力과 토크로부터 다음과 같이 얻을 수 있었다.

$$\lambda_r = \frac{2m \left\{ 2X \cos(\alpha + \beta) + N \frac{l}{D} \cos\alpha \right\}}{N \frac{l}{D} \left\{ (M + 2m \cos\beta) \cos(\alpha + \beta) + 2m \cos\alpha \right\}} \times \left[\frac{1 - \frac{4m \cot(\alpha + \beta) \sin\alpha}{(M + 2m \cos\beta) \cos(\alpha + \beta) + 2m \cos\alpha}}{1 - \frac{N \frac{l}{D} \cot(\alpha + \beta) \sin\alpha}{2X \cos(\alpha + \beta) + N \frac{l}{D} \cos\alpha}} \right] \quad (2)$$

$$\lambda_q = \frac{2m \left\{ 2X \cos(\alpha + \beta) + N \frac{l}{D} \cos\alpha \right\}}{N \frac{l}{D} \left\{ (M + 2m \cos\beta) \cos(\alpha + \beta) + 2m \cos\alpha \right\}}$$

$$\times \left(\frac{1 + \frac{2m \tan(\alpha + \beta) \sin \alpha}{(M + 2m \cos \beta) \cos(\alpha + \beta) + 2m \cos \alpha}}{1 + \frac{N \frac{l}{D} \tan(\alpha + \beta) \sin \alpha}{2X \cos(\alpha + \beta) + N \frac{l}{D} \cos \alpha}} \right) \quad (3)$$

여기에서 α 는 迎角이고, $M = \sqrt{1 + 2m^2 \cos 2\beta + m^4}$ 이다.

III. 推進器 單獨性能에의 應用

推進器 性能에의 날개面積의 影響을 考察하기 위해서는 (1) 날개面積은 變化하여도 날개 두께는 一定하게 維持하는 方法과 (2) 날개面積의 變化에 따라 날개 두께도 變化시켜 날개斷面을 相似하게 維持하는 方法³⁾등 두 方法이 있을 수 있다.

여기에서는 (1)의 方法을 採用하고, 日本의 AU系⁴⁾의 推進器와 同一한 外形의 輪廓線을 가지며, 推進器의 斷面形狀은 推進器의 斷面に 適合한 Gutsche翼型⁵⁾을 使用하여 考察하였다.

날개數는 4개와 5개의 두 推進器로 限定하였으며, 各 推進器에 대하여 피치比 p 는 0.60과 0.80의 두 種으로 하고, 各各의 피치比의 推進器에 대하여 展開面積比(E. A. R.)는 날개 4개의 推進器에 대하여는 0.40, 0.55 및 0.70의 3種으로 變化시켰으며, 날개 5개의 推進器에 대하여는 0.50, 0.65 및 0.80의 3種으로 變化시켰다. 이들 推進器의 要目을 표-1에 表示하였다.

표-1. 推進器의 要目

No. of Blades	4			5		
Boss Ratio	0.20			0.20		
B. T. R.	0.05			0.05		
Pitch Ratio	0.6	0.8		0.6	0.8	
E. A. R.	0.40	0.55	0.70	0.50	0.65	0.80

표-2는 AU系 推進器에 대한 各種 資料이다.

표-2. AU系 推進器에 대한 各種 資料⁴⁾

N=4

X (=r/R)	p=0.60		p=0.80		E. A. R. =0.40		E. A. R. =0.55		E. A. R. =0.70	
	ϕ (degree)	β (degree)	ϕ (degree)	β (degree)	l/D	t/l	l/D	t/l	l/D	t/l
0.2	43.68	46.32	51.85	38.15	0.150	0.271	0.207	0.196	0.263	0.154
0.3	32.48	57.52	40.33	49.67	0.176	0.204	0.241	0.149	0.307	0.117
0.4	25.52	64.48	32.48	57.52	0.197	0.158	0.271	0.115	0.344	0.091
0.5	20.91	69.09	26.99	63.01	0.213	0.124	0.293	0.090	0.373	0.071
0.6	17.66	72.34	23.00	67.00	0.224	0.097	0.308	0.086	0.392	0.068
0.7	15.26	74.74	20.00	70.00	0.218	0.078	0.300	0.057	0.382	0.045
0.8	13.43	76.57	17.66	72.34	0.210	0.059	0.289	0.043	0.367	0.034
0.9	11.98	78.02	15.80	74.20	0.166	0.046	0.229	0.034	0.291	0.026
1.0	—	—	—	—	—	0.024	—	0.017	—	0.014

N=5

	p=0.60		p=0.80		E. A. R. =0.50		E. A. R. =0.65		E. A. R. =0.80	
	ϕ (degree)	β (degree)	ϕ (degree)	β (degree)	l/D	t/l	l/D	t/l	l/D	t/l
0.2	43.68	46.32	51.85	38.15	0.150	0.271	0.195	0.208	0.241	0.168
0.3	32.48	57.52	40.33	49.67	0.176	0.204	0.228	0.157	0.281	0.128
0.4	25.52	64.48	32.48	57.52	0.197	0.158	0.256	0.122	0.315	0.099
0.5	20.91	69.09	26.99	63.01	0.213	0.124	0.277	0.096	0.341	0.078
0.6	17.66	72.34	23.00	67.00	0.224	0.097	0.291	0.075	0.358	0.061
0.7	15.26	74.74	20.00	70.00	0.218	0.078	0.284	0.060	0.349	0.049
0.8	13.43	76.57	17.66	72.34	0.210	0.059	0.273	0.045	0.336	0.037
0.9	11.98	78.02	15.80	74.20	0.166	0.046	0.216	0.036	0.266	0.029
1.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

推進器의 各 斷面에 該當하는 迎角에 대한 揚力係數 C_L 와 抗揚比 ϵ 를 單獨翼의 試驗資料로 부터 求하여 附錄에 表示하였다.⁵⁾

그림 1은 날개의 數가 4개인 推進器에 대한 것으로서 各斷面의 弦길이의 stagger angle β 를 주는 m 의 값을 表示한다. 그림 2는 날개 數가 5개인 推進器에 대한 것이다. 표-2의 資料를 基礎로 해서 式(1)에 의해서 計算되었다.

그림 3은 날개의 數가 4개인 推進器의 推進力과 토크에 대한 날개 相互間의 干涉效果인 λ_T 및 λ_Q 를 나타낸다. 그림 4는 날개의 數가 5개인 推進器에 대한 것이다. 式(2)와 (3)에 의해서 計算되었다. 計算結果에 의하면 λ_T 와 λ_Q 의 값은 近似하며, 差는 거의 나타나지 않는다.

그림 5와 6은 $N=5, p=0.8, E. A. R. =0.65$ 인 推進器에 대한 $J \sim \lambda_T \frac{dK_T}{dX}$ 曲線과 $X \sim \lambda_T \frac{dK_T}{dX}$ 曲線을, 그리고 그림 7과 8은 $J \sim \lambda_Q \frac{dK_Q}{dX}$ 曲線과 $X \sim \lambda_Q \frac{dK_Q}{dX}$ 曲線을 나타낸다. Perring의 式에 의해 計算되었다.¹⁾

남어지 推進器에 대해서도 같은 方法으로 類似한 曲線들이 作成될 수 있다.

이들 $X \sim \lambda_T \frac{dK_T}{dX}$ 曲線과 $X \sim \lambda_Q \frac{dK_Q}{dX}$ 曲線을 積分해서 作成된 推進器의 性能曲線을 그림 9와 10에 表示하였다.

IV. 結 論

推進器의 性能曲線으로부터 다음과 같은 것을 알 수 있다.

前進係數 J 가 比較的 작은 경우, 즉 스텝비가 클 경우에는 面積比의 增加에 따라서 推力係數 K_T 와 토크係數 K_Q 는 若干 增加하고 있으나 J 의 一定한 값에 대하여 K_Q 의 增加率이 K_T 의 增加率보다 크다. 反面 J 가 比較的 큰 경우, 즉 스텝비가 작을 경우에는 面積比의 增加에 따라서 K_T 와 K_Q 는 減小하고 있으나 J 의 一定한 값에 대하여 K_Q 의 減小率이 K_T 의 減小率보다 크다.

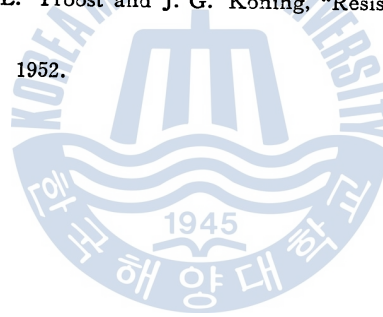
有効피치의 값은 面積比의 增加와 더불어 減小하고 있다.

推進器의 單獨效率은 面積의 增加와 더불어 減小하고 있다. 이것은 表面摩擦의 增加로 因한 것이 라고 思料한다. 이 影響은 날개數의 경우와 類似하며, 大體的으로 모든 系列的 模型推進器試驗結果를 通해서 確認될 수 있다.^{3,4)} 따라서 다른 考慮되어야 할 事項에 의해서 制限을 받게 되는 경우에는 그 限定範圍 안에서 效率의 見地에서는 面積比는 되도록 작게 하여야 한다.

날개 4개와 5개의 推進器群 모두에 있어서 效率에의 面積比의 影響은 피치比가 큰 推進器에서 若干 작게 나타난다.

參 考 文 獻

1. 宋江燮, “單獨으로 作用하는 推進器 날개 相互間의 干涉効果”, 韓國海洋大學 船舶工學研究所 論文集 第1輯, 1982.
2. 宋江燮, “單獨으로 作用하는 推進器 날개 相互間의 干涉効果(Ⅱ)(날개數의 影響)”, 韓國海洋大學 船舶工學研究所, 論文集 第2輯, 1983.
3. 谷口中, “單獨推進器の研究(翼間干涉의 影響)”, 日本西部造船學會會報 第7號, 1958.
4. 橫尾幸一, 矢崎敦生, “プロペラ設計法と參考圖表集”, 1973.
5. W. P. A. van Lammeren, L. Troost and J. G. Koning, “Resistance, Propulsion and Steering of Ships”, 1948.
6. 山縣昌夫, “船型學(推進篇)”, 1952.



附錄 單獨翼의 試驗資料로부터 求한 推進器의 各 斷面에 該當하는 迎角에 대한 揚力係數(C_L)와 抗揚比(e)

$N=4$, E. A. R. =0.40

$X = r/R$	α t/l	-4°		-2°		0°		2°		4°		6°	
		C_L	ϵ	C_L	ϵ	C_L	ϵ	C_L	ϵ	C_L	ϵ	C_L	ϵ
0.2	0.271	0.61	0.033	0.83	0.029								
0.3	0.204	0.46	0.045	0.66	0.030	0.84	0.024	0.97	0.024	1.00	0.026		
0.4	0.158	0.29	0.057	0.47	0.031	0.67	0.023	0.84	0.021	0.98	0.022		0.023
0.5	0.124	0.15	0.090	0.32	0.041	0.52	0.025	0.70	0.020	0.89	0.017		0.017
0.6	0.097	0.04	0.110	0.20	0.060	0.38	0.028	0.57	0.021	0.76	0.016	1.00	0.014
0.7	0.078			0.13	0.071	0.28	0.024	0.47	0.021	0.66	0.017	0.86	0.025
0.8	0.059			0.05		0.21	0.037	0.38	0.025	0.57	0.023	0.74	0.070
0.9	0.046			0.01		0.17	0.050	0.33	0.030	0.53	0.035	0.70	

E. A. R. =0.55

0.2	0.196	0.44	0.046	0.63	0.030	0.79	0.024	0.94	0.024	1.00	0.026		
0.3	0.149	0.25	0.063	0.43	0.033	0.63	0.024	0.82	0.021	0.96	0.021		0.022
0.4	0.115	0.12	0.090	0.28	0.047	0.47	0.027	0.65	0.021	0.85	0.015	1.00	0.016
0.5	0.090	0.01	0.110	0.17	0.065	0.34	0.028	0.54	0.022	0.72	0.016	0.96	0.017
0.6	0.086			0.15	0.068	0.32	0.028	0.52	0.022	0.69	0.016	0.93	0.019
0.7	0.057			0.05	0.083	0.20	0.039	0.38	0.025	0.56	0.025	0.73	0.070
0.8	0.043					0.15	0.053	0.32	0.032	0.51	0.037	0.69	0.095
0.9	0.034					0.12	0.070	0.28	0.039	0.47	0.044	0.67	

E. A. R. =0.70

0.2	0.154	0.27	0.060	0.46	0.032	0.65	0.024	0.83	0.021	0.97	0.022	1.10	0.023
0.3	0.117	0.13	0.090	0.28	0.046	0.47	0.027	0.68	0.021	0.87	0.016	1.06	0.017
0.4	0.091	0.01	0.110	0.17	0.065	0.34	0.028	0.54	0.022	0.72	0.016	0.96	0.017
0.5	0.071			0.10	0.080	0.25	0.030	0.44	0.022	0.63	0.019	0.80	0.040
0.6	0.068			0.11	0.080	0.24	0.030	0.43	0.023	0.61	0.019	0.78	0.040
0.7	0.045					0.16	0.050	0.33	0.030	0.53	0.035	0.70	
0.8	0.034					0.12	0.070	0.28	0.039	0.47	0.044	0.67	
0.9	0.026					0.09		0.26	0.048	0.45	0.049	0.65	

$N=5, E. A. R. = 0.50$

$X = \frac{r}{R}$	α t/l	-4°		-2°		0°		2°		4°		6°	
		C_L	ϵ	C_L	ϵ	C_L	ϵ	C_L	ϵ	C_L	ϵ	C_L	ϵ
0.2	0.271	0.61	0.033	0.83	0.029								
0.3	0.204	0.46	0.045	0.66	0.030	0.84	0.024	0.97	0.024				
0.4	0.158	0.29	0.057	0.47	0.031	0.67	0.023	0.84	0.021	0.98	0.022		0.023
0.5	0.124	0.15	0.090	0.32	0.041	0.52	0.025	0.70	0.020	0.89	0.017		0.017
0.6	0.097	0.04	0.110	0.20	0.060	0.38	0.028	0.57	0.021	0.76	0.016	1.00	0.014
0.7	0.078			0.13	0.071	0.28	0.024	0.47	0.021	0.66	0.017	0.86	0.025
0.8	0.059			0.05	0.085	0.21	0.037	0.38	0.025	0.57	0.023	0.74	0.070
0.9	0.046			0.01		0.17	0.050	0.33	0.030	0.53	0.035	0.70	0.090

$E. A. R. = 0.65$

0.2	0.208	0.45	0.045	0.64	0.030	0.83	0.024	0.96	0.024				
0.3	0.157	0.29	0.057	0.47	0.031	0.66	0.023	0.84	0.021	0.97	0.022		0.023
0.4	0.122	0.14	0.070	0.30	0.043	0.50	0.026	0.69	0.020	0.88	0.017		0.017
0.5	0.096	0.04	0.100	0.19	0.060	0.37	0.028	0.56	0.021	0.75	0.016	0.94	0.014
0.6	0.075			0.12	0.073	0.27	0.024	0.46	0.022	0.63	0.018	0.83	0.030
0.7	0.060			0.05	0.110	0.20	0.036	0.38	0.024	0.57	0.023	0.74	0.070
0.8	0.045			0.00	0.145	0.16	0.050	0.33	0.030	0.53	0.035	0.70	
0.9	0.036					0.13	0.065	0.29	0.037	0.48	0.033	0.67	

$E. A. R. = 0.80$

0.2	0.168	0.33	0.052	0.51	0.030	0.71	0.023	0.87	0.022	0.10	0.023		0.024
0.3	0.128	0.16	0.082	0.34	0.040	0.53	0.025	0.72	0.020	0.90	0.017		0.019
0.4	0.099	0.05	0.100	0.21	0.057	0.39	0.028	0.58	0.022	0.77	0.016	1.00	0.015
0.5	0.078			0.13	0.071	0.28	0.024	0.47	0.021	0.66	0.017	0.86	0.025
0.6	0.061			0.06	0.081	0.22	0.035	0.39	0.024	0.58	0.018	0.75	0.060
0.7	0.049			0.02	0.090	0.18	0.045	0.34	0.028	0.54	0.030	0.71	0.090
0.8	0.037					0.13	0.065	0.29	0.037	0.48	0.033	0.67	0.090
0.9	0.029					0.10	0.080	0.27	0.044	0.46	0.047	0.65	0.085

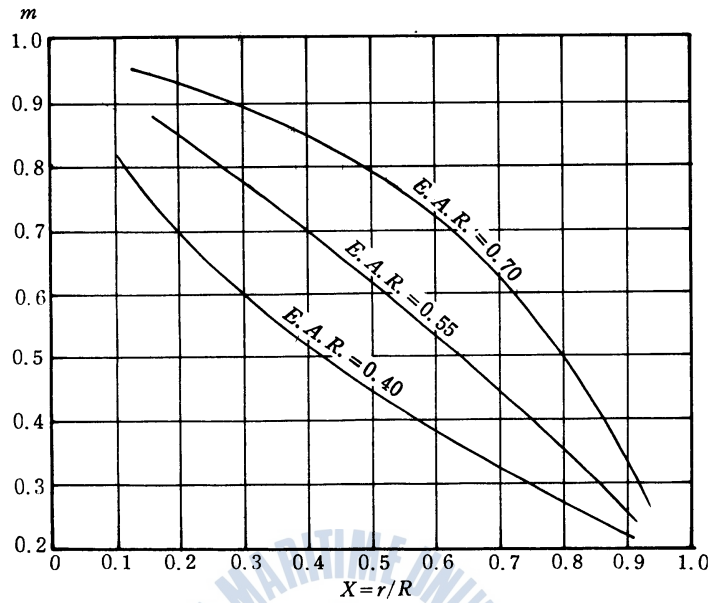


그림 1(a) 各 半徑位置에 있어서의 m 의 값($N=4, p=0.6$)

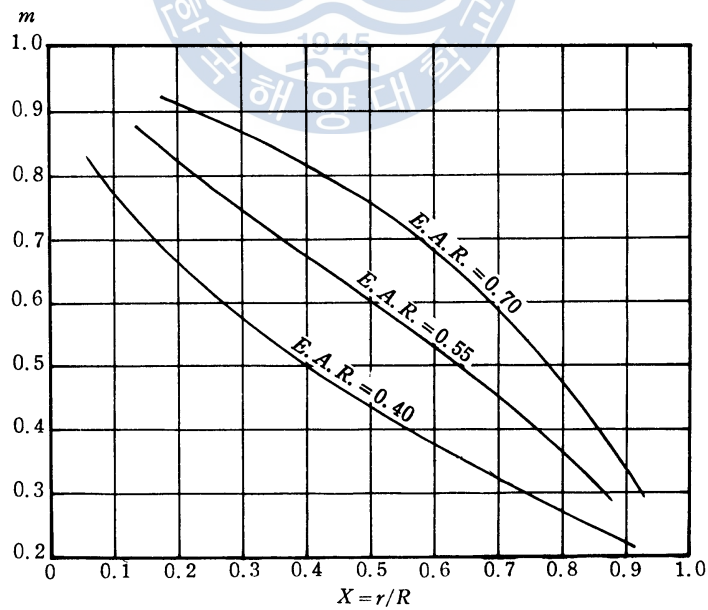


그림 1(b) 各 半徑位置에 있어서의 m 의 값($N=4, p=0.8$)

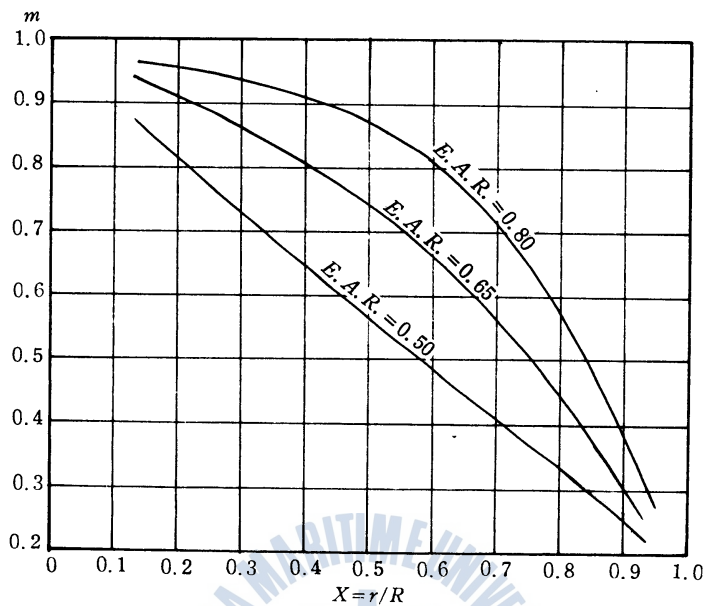


그림 2(a) 各 半徑位置에 있어서의 m 의 값($N=5$, $p=0.6$)

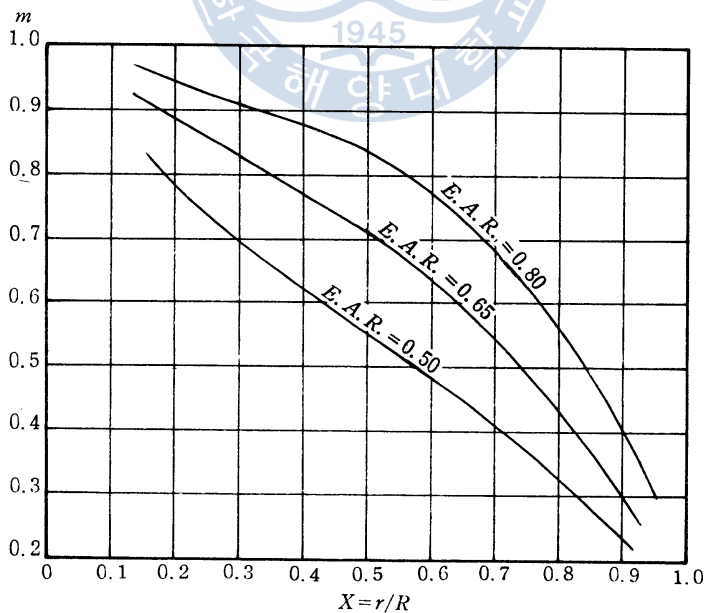


그림 2(b) 各 半徑位置에 있어서의 m 의 값($N=5$, $p=0.8$)

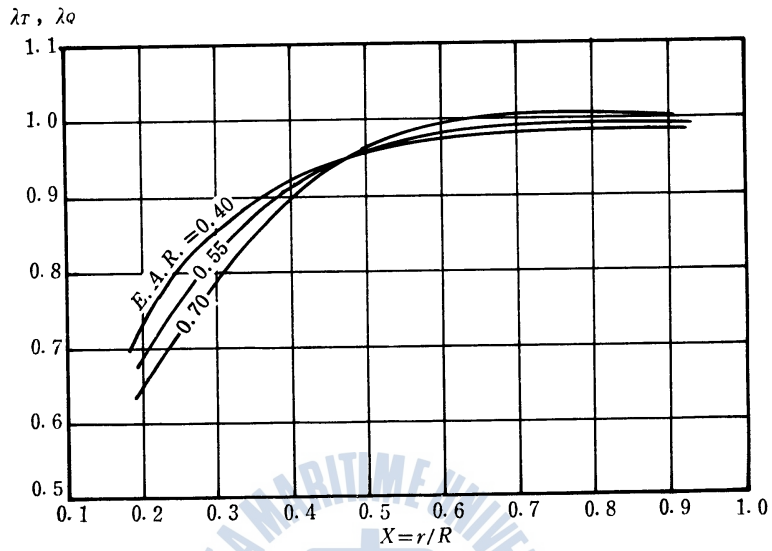


그림 3(a) 날개 相互間의 干涉効果($N=4, p=0.6$)

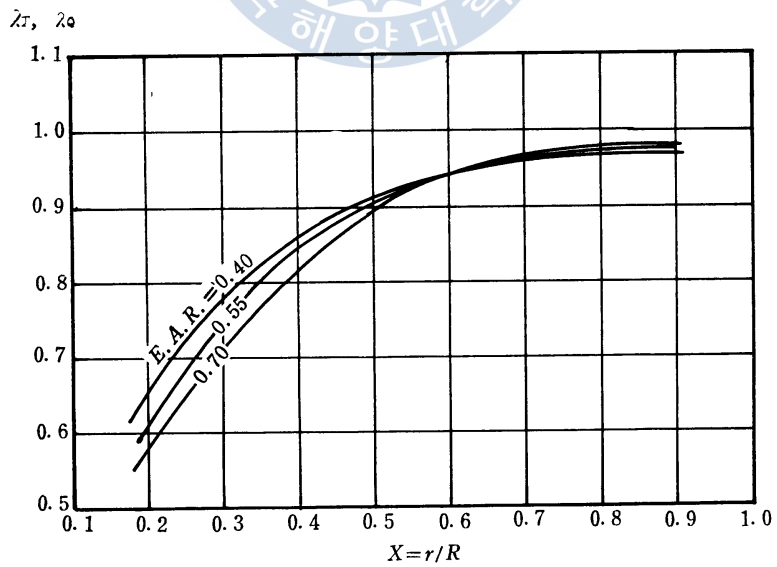


그림 3(b) 날개 相互間의 干涉効果($N=4, p=0.8$)

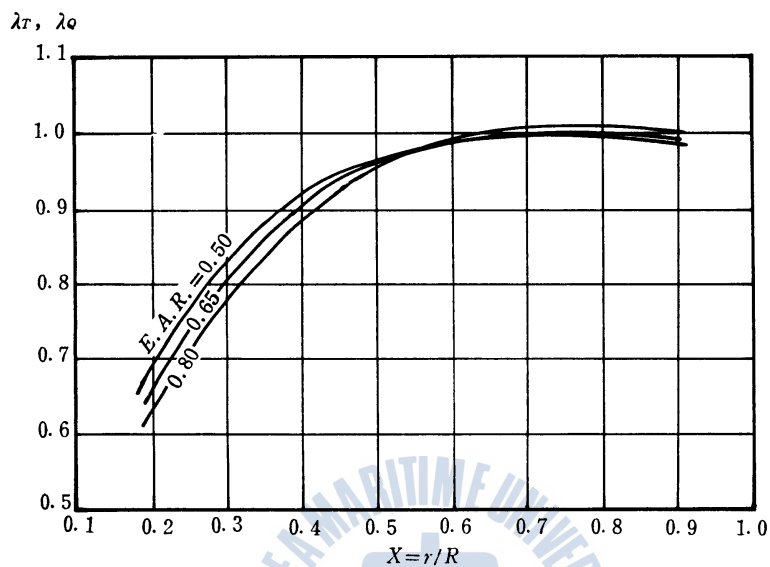


그림 4(a) 날개 相互間의 干涉効果($N=5, p=0.6$)

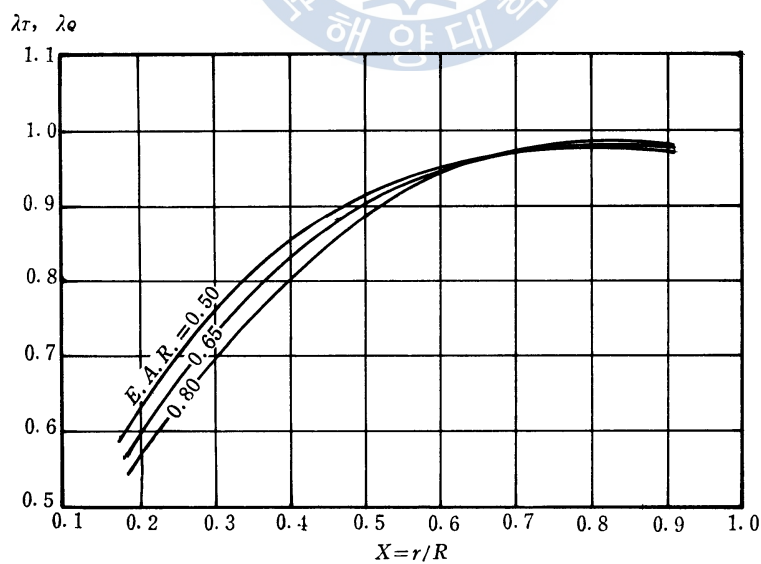


그림 4(b) 날개 相互間의 干涉効果($N=5, p=0.8$)

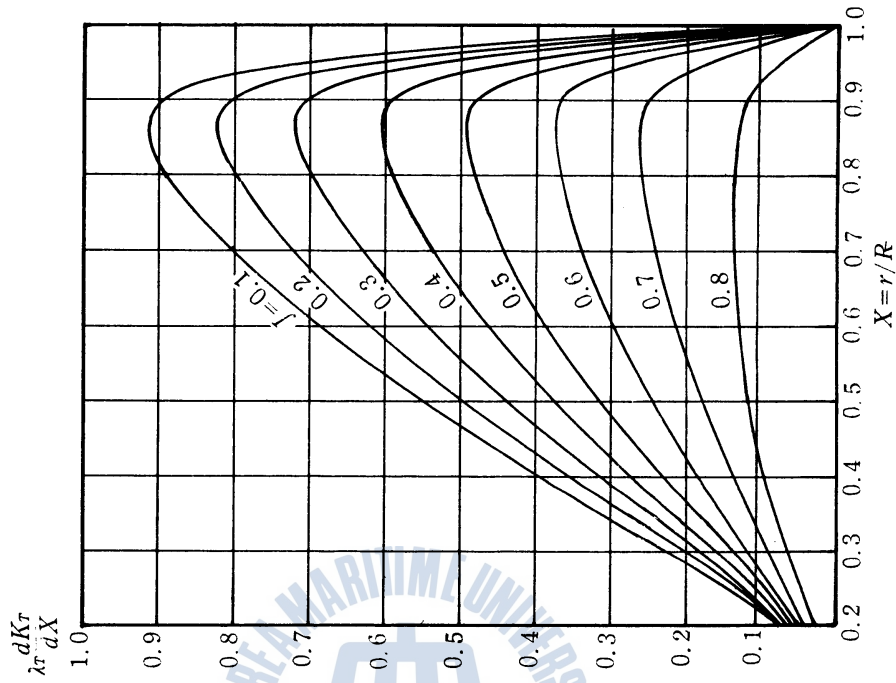


그림 6 $X \sim \lambda_T \frac{dK_T}{dX}$ 曲線 ($N=5, p=0.8, E.A.R.=0.65$)

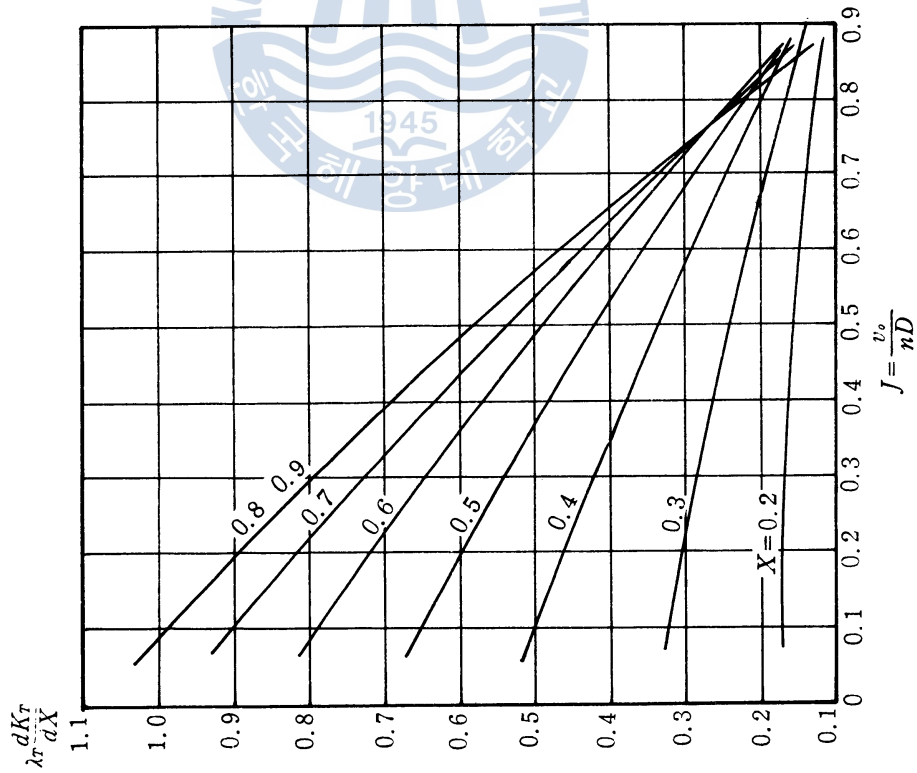


그림 5 $J \sim \lambda_T \frac{dK_T}{dX}$ 曲線 ($N=5, p=0.8, E.A.R.=0.65$)

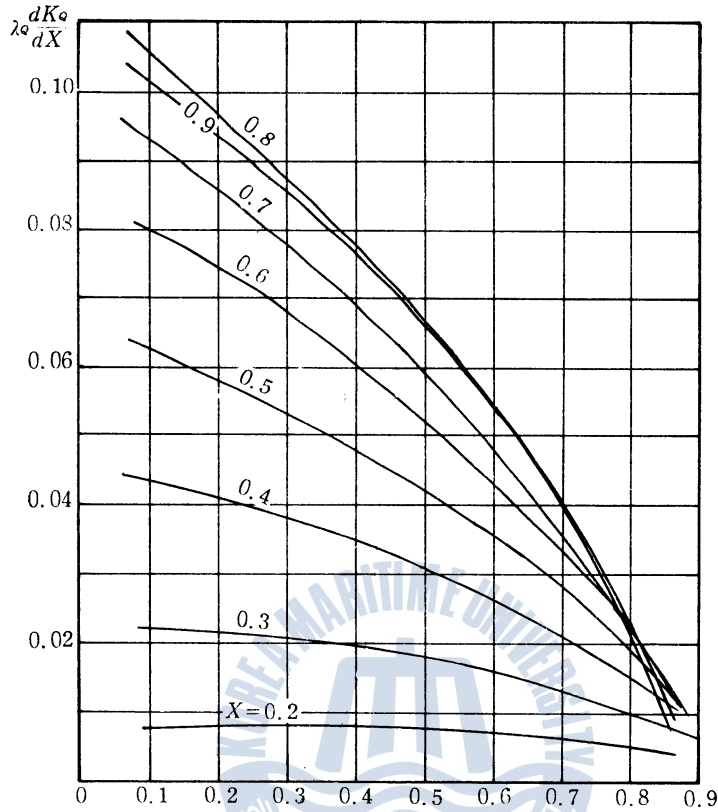


그림 7 $J \sim \lambda_Q \frac{dK_Q}{dx}$ 曲線 ($N=5, p=0.8, E.A.R=0.65$)

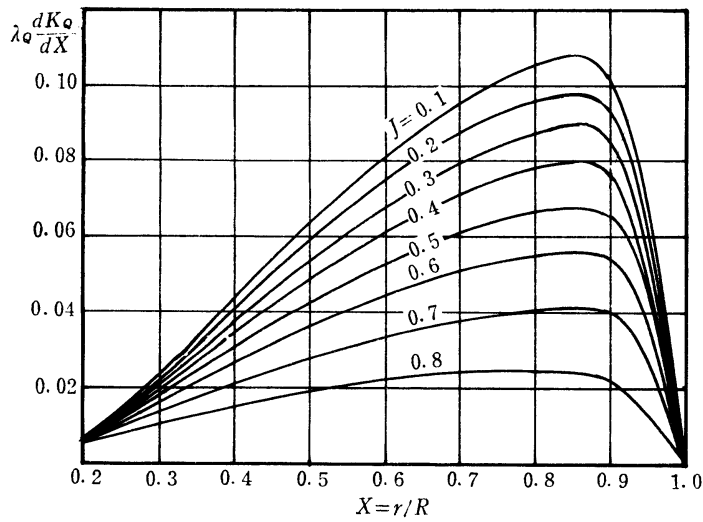


그림 8 $X \sim \lambda_Q \frac{dK_Q}{dx}$ 曲線 ($N=5, p=0.8, E.A.R=0.65$)

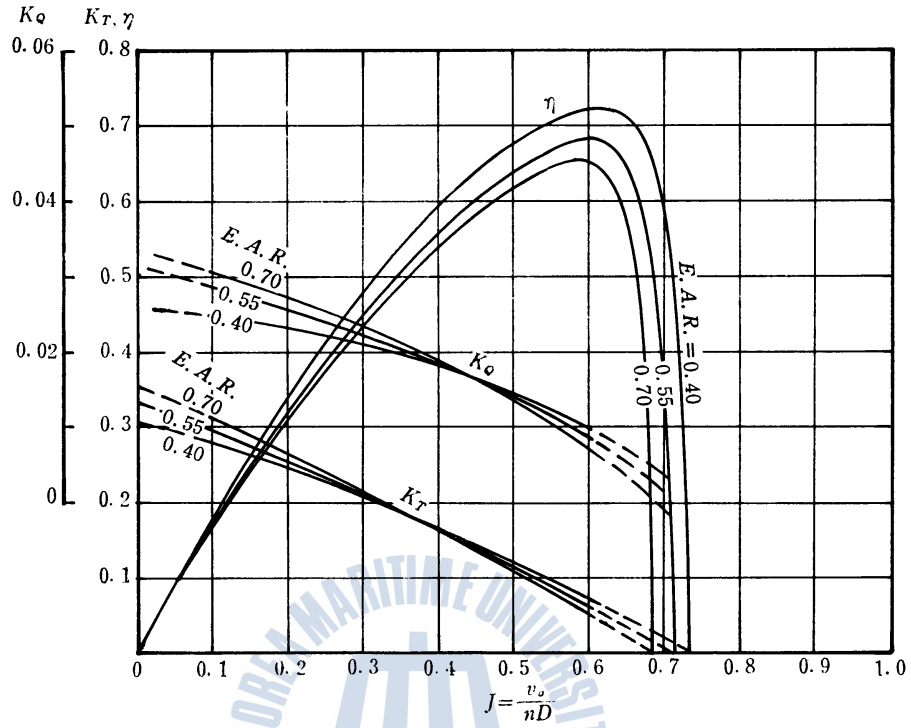


그림 9(a) 性能曲線($N=4, p=0.6$)

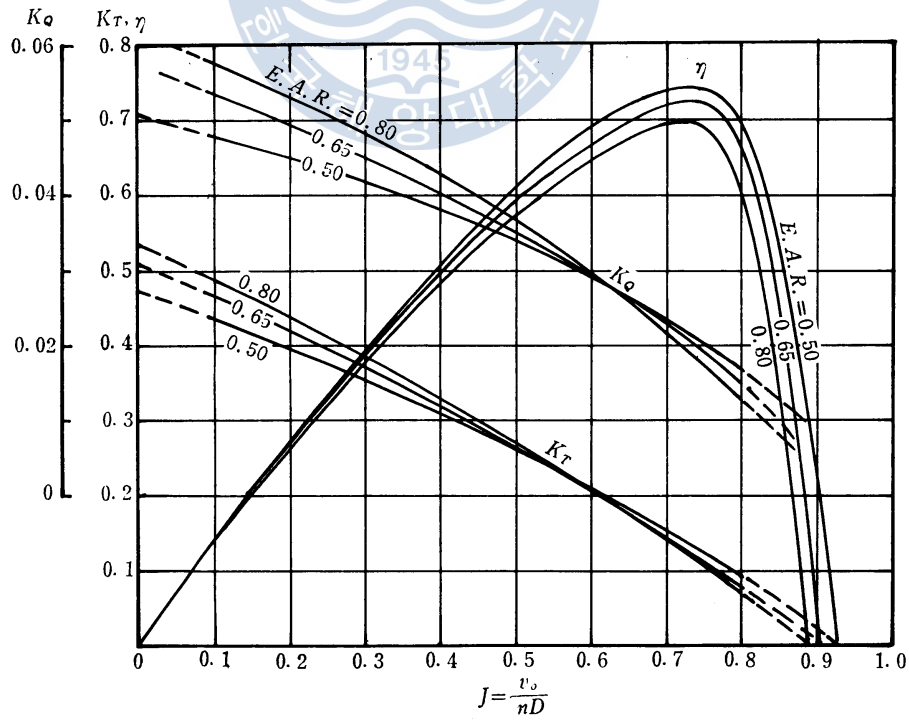


그림 9(b) 性能曲線($N=4, p=0.8$)

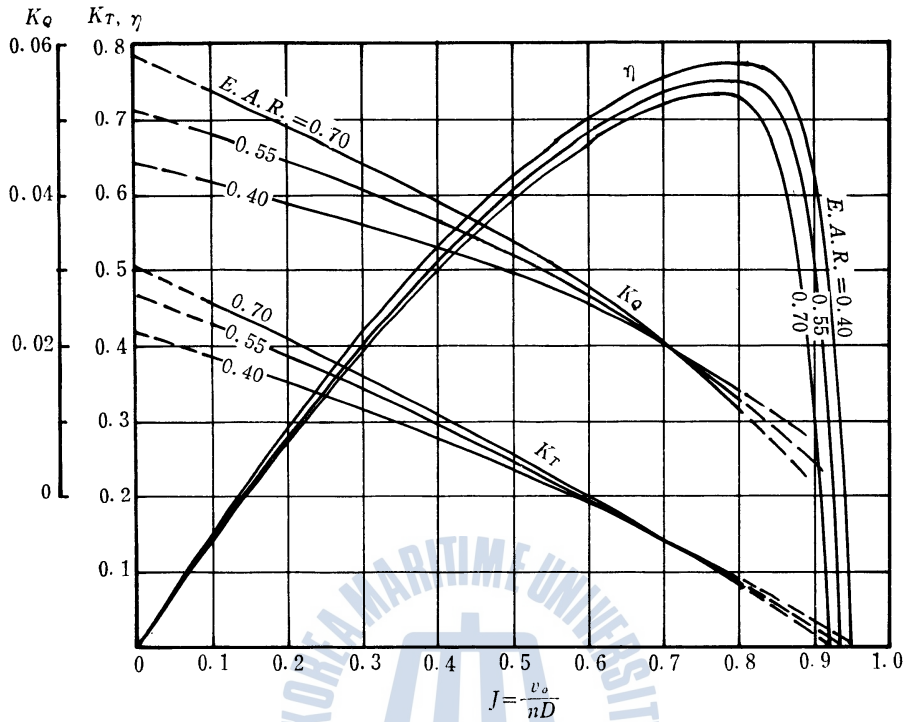


그림 10(a) 性能曲線($N=5, p=0.6$)

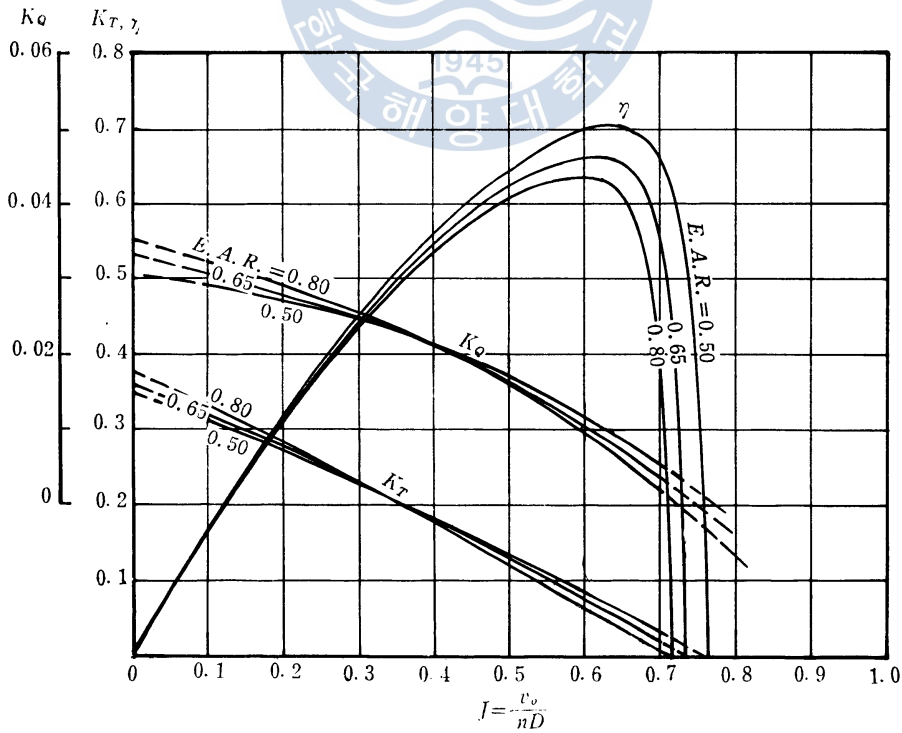


그림 10(b) 性能曲線($N=5, p=0.8$)



